

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

09.09.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 9 月 9 日

出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 3 1 7 0 9 9
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 3 1 7 0 9 9]



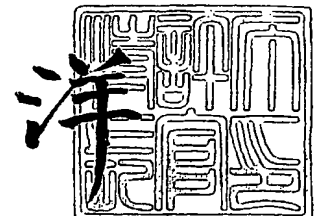
出 願 人
Applicant(s): 日 本 電 信 電 話 株 式 有 限 公 司

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 0 月 1 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



【書類名】 特許願
【整理番号】 NTTH156054
【提出日】 平成15年 9月 9日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H04L 12/28
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
 【氏名】 齋藤 一賢
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
 【氏名】 熊谷 智明
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
 【氏名】 大槻 信也
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
 【氏名】 永田 健悟
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日本電信電話株式会社内
 【氏名】 相河 聡
【特許出願人】
 【識別番号】 000004226
 【氏名又は名称】 日本電信電話株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100072718
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 古谷 史旺
 【電話番号】 3343-2901
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 013354
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9701422

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

複数の無線チャネルの利用が可能、もしくは1つの無線チャネルに複数の信号を空間分割多重することが可能な2つの無線局の間で無線通信を行い、複数のデータパケットを前記無線局同士の間で伝送するための無線パケット通信方法において、

利用可能な複数種類の伝送速度の中で実際のデータパケットの送信に用いる伝送速度を通信相手の無線局毎に個別に管理し、

所定の送信バッファ上に送信対象のデータパケットが複数存在する場合には、各々のデータパケットのデータ量を表すパケットサイズと、各々のデータパケットの宛先に対応付けられた伝送速度とを参照し、前記パケットサイズ及び伝送速度により定まる伝送所要時間をデータパケット毎に確認し、前記伝送所要時間が互いにほぼ等しい複数のデータパケットをデータの宛先端末に関係なく選択し、選択した複数のデータパケットを同時に送信開始する

ことを特徴とする無線パケット通信方法。

【請求項 2】

請求項1の無線パケット通信方法において、送信を行う無線局は、パケットの送信に先立ってあらかじめ定められた複数の無線チャネルの空き状況をそれぞれ検出し、同時に複数の無線チャネルが空いていることを検出した場合に、空いている複数の無線チャネルを同時に利用することを特徴とする無線パケット通信方法。

【請求項 3】

請求項1の無線パケット通信方法において、

各時点で各々のデータパケットの宛先に対応付けられている伝送速度を表す第1の伝送速度よりも低速の他の伝送速度が第2の伝送速度として選択可能な場合には、前記第1の伝送速度及び第2の伝送速度のそれぞれについて前記伝送所要時間を求め、

少なくとも前記第2の伝送速度から求めた伝送所要時間に基づいて送信対象のデータパケットを決定した場合には、前記データパケットの送信に用いる伝送速度を前記第2の伝送速度に切り替えてから前記データパケットを送信する

ことを特徴とする無線パケット通信方法。

【請求項 4】

請求項1の無線パケット通信方法において、

送信バッファ上の1単位のデータを複数に分割して前記伝送所要時間が等しい複数のデータパケットを生成する第1のモードと、前記伝送所要時間が異なる複数のデータパケットの少なくとも1つにダミー信号を付加して実質的な伝送所要時間が等しい複数のデータパケットを生成する第2のモードとが選択可能な場合に、

前記伝送所要時間が等しいデータパケットを選択した後で、未選択のデータが送信バッファ上に残っている場合には、前記第1のモードを用いた条件における伝送効率と前記第2のモードを用いた条件における伝送効率とを比較し、その結果に応じて前記未選択のデータを第2のデータとして選択し、前記第2のデータから生成したデータパケットを前記第2のモードで送信する

ことを特徴とする無線パケット通信方法。

【請求項 5】

請求項1の無線パケット通信方法において、

空き状態の無線チャネルの数 N_{ch} と、前記伝送所要時間が互いにほぼ等しいデータパケットの数 N_p とを検出し、 $(N_{ch} \geq N_p)$ の場合には空間分割多重を用いることなく N_p 個の無線チャネルを用いて N_p 個のデータパケットを同時に送信し、 $(N_{ch} < N_p)$ の場合には空間分割多重を用いて複数のデータパケットを同時に送信する

ことを特徴とする無線パケット通信方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】無線パケット通信方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数の無線局間で無線媒体を介してデータパケットを伝送する場合に用いられる無線パケット通信方法に関する。

【背景技術】

【0002】

本発明と関連のある従来技術としては、非特許文献1、非特許文献2及び非特許文献3が知られている。

例えば非特許文献1に示されたような標準規格に準拠する従来の無線パケット通信システムにおいては、使用する無線チャネルを事前に1つだけ決めておき、パケットの送信に先立って当該無線チャネルの空き状況を検出し、チャネルが使用されていなかった場合にのみ1つのパケットを送信する。また、このような制御により1つの無線チャネルを複数の無線局で互いに時間をずらして共用することができる。

【0003】

このような無線パケット通信システムに用いられる従来の無線局は、図9に示すように送信バッファ、パケット送信制御部、変調器、無線送信部、無線受信部、キャリア検出部、復調器、パケット選択部、アンテナ、ヘッダ付加部及びヘッダ除去部を備えている。

送信すべき1つ又は複数のデータフレームからなる送信データフレーム系列は、図9のヘッダ付加部に入力される。実際のデータフレームとしては、例えばイーサネット（登録商標）フレームが用いられる。

【0004】

ヘッダ付加部は、入力された送信データフレーム系列中の各々のデータフレームに対して、当該データフレームの宛先となる無線パケット通信装置のID情報を付加し、図9に示すようなデータパケットを生成する。このようなデータパケットで構成されるデータパケット系列が、ヘッダ付加部から出力され送信バッファに入力される。

送信バッファは入力された1つ又は複数のデータパケットをバッファリングし、一時的に保持する。

【0005】

一方、他の無線局が予め定めた1つの無線チャネル（以下、特定無線チャネル）で送信した無線信号は、自局のアンテナで受信され無線受信部に入力される。この無線受信部は、アンテナから入力された無線信号に対して、周波数変換、フィルタリング、直交検波、AD（アナログ→デジタル）変換等の受信処理を施す。

なお、無線受信部は前記特定無線チャネルに対応する受信処理だけを行う。また、自局のアンテナが送信のために使用されている時を除き、他の無線パケット通信装置が送信したデータパケットの有無とは無関係に、アンテナで受信された無線信号は無線受信部に入力される。従って、無線受信部はデータパケットの有無に合わせて適切な受信処理を行うことができる。

【0006】

前記特定無線チャネルで他の無線パケット通信装置からデータパケットが送信された場合には、自局の無線受信部における受信処理の結果として、受信したデータパケットに対応する複素ベースバンド信号が受信信号として得られる。また、同時に前記特定無線チャネルにおける受信信号の受信電界強度を表すRSSI（Received Signal Strength Indicator）信号が得られる。

【0007】

なお、RSSI信号は、前記特定無線チャネルでデータパケットが送信されていたか否かとは無関係に無線受信部から出力される。また、前記特定無線チャネルでデータパケットが送信されていない場合には、前述の複素ベースバンド信号は出力されないが、当該無線チャネルにおけるRSSI信号が無線受信部から出力される。

無線受信部から出力される受信信号及びRSSI信号は、復調器及びキャリア検出部にそれぞれ入力される。

【0008】

キャリア検出部は、入力されたRSSI信号によってそれぞれ示される受信電界強度の値と予め定めた閾値とを比較し、受信電界強度の値が閾値よりも小さい場合には前記特定無線チャンネルが空きチャンネルであると判定し、それ以外の場合には前記特定無線チャンネルがビジーであると判定する。この判定結果がキャリア検出結果としてキャリア検出部から出力される。

【0009】

キャリア検出部から出力されるキャリア検出結果は、パケット送信制御部に入力される。

パケット送信制御部は、入力されたキャリア検出結果を参照し、前記特定無線チャンネルが空き状態か否かを認識する。そして、前記特定無線チャンネルが空き状態であった場合には、バッファ中の1つのデータパケットを出力することを要求する要求信号を送信バッファに与える。

【0010】

送信バッファは、パケット送信制御部からの前記要求信号を受信すると、送信バッファが保持しているデータパケットのうち、送信バッファに入力された時刻が最も早いデータパケットを取り出してパケット送信制御部に与える。

パケット送信制御部は、送信バッファから入力されたデータパケットを変調器に対して出力する。変調器は、入力されたデータパケットに所定の変調処理を施して無線送信部に出力する。

【0011】

無線送信部は、変調処理後のデータパケットを変調器から入力し、このデータパケットに対してDA（ディジタルーアナログ）変換、周波数変換、フィルタリング、電力増幅等の送信処理を施す。

なお、無線送信部は前述の特定無線チャンネルのみに対する送信処理を行う。無線送信部で送信処理されたデータパケットは、アンテナを介して送信される。

【0012】

一方、復調器は、無線受信部から入力された受信信号に対して復調処理を行う。この復調処理の結果として得られるデータパケットは、パケット選択部に与えられる。

パケット選択部は、復調器から入力されたデータパケットが自局に対して送信されたものか否かを識別する。すなわち、このデータパケットの先頭には図21に示すような宛先に関するID情報が付加されているので、このID情報が自局と一致するか否かを調べることにより、自局宛のデータパケットとそれ以外とを区別する。

【0013】

パケット選択部は、自局宛に送信されたデータパケットを受信した場合には当該パケットを受信データパケット系列としてヘッダ除去部に出力し、それ以外のパケットを受信した場合には当該パケットを破棄する。

ヘッダ除去部は、パケット選択部から入力された受信データパケット系列の各々のデータパケットに付加されている宛先のID情報を除去して元のデータフレームを抽出し、受信データフレーム系列として出力する。

【0014】

以上に説明したような構成の無線局は、他の無線局（無線パケット通信装置）との間で、予め定めた1つの無線チャンネルを介してデータパケットの送受信を行うことができる。

一方、非特許文献2においては、上述のような無線パケット通信技術において、周波数帯域を拡大することなく最大スループットを更に向上させるために、空間分割多重（SDM: Space Division Multiplexing）方式を適用することを提案している。

【非特許文献1】小電力データ通信システム／広帯域移動アクセスシステム（CSMA）標準規格、ARIB STD-T71 1.0版、(社)電波産業会、平成12年

策定

【非特許文献2】黒崎ほか、MIMOチャネルにより100Mbit/sを実現する広帯域移動通信用SDM-COFDM方式の提案、信学技報、A-P2001-96、RCS2001-135(2001-10)

【非特許文献3】飯塚ほか、IEEE802.11a準拠 5GHz帯無線LANシステム—パケット伝送特性—、B-5-124、2000年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会、2000年9月

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0015】**

上述のような無線パケット通信技術において、最大スループットを向上させるための方法としては、変調多値数を増加すること、空間分割多重を適用すること、1チャネルあたりの周波数帯域幅の拡大により無線区間のデータ伝送速度を高速化することなどが考えられる。

しかし、例えば非特許文献3の中でも指摘されているように、パケット衝突回避のためにはパケットの送信直後に無線区間のデータ伝送速度に依存しない一定の送信禁止期間を設ける必要がある。この送信禁止期間を設けると、無線区間のデータ伝送速度が増大するにつれてデータパケットの転送効率(無線区間のデータ伝送速度に対する最大スループットの比)が低下することになるので、無線区間のデータ伝送速度を上げるだけではスループットの大幅な向上は困難であった。

【0016】

例えば、各々の無線局に複数の無線通信インタフェースを設ければ、独立した複数の無線回線を同時に形成することができる。そのような場合には、複数の無線チャネルを同時に使用して複数のデータパケットを並列に送信することも可能である。これにより、スループットの大幅な改善も可能になる。

しかしながら、同時に使用する複数の無線チャネルの中心周波数が互いに近接しているような場合には、一方の無線チャネルから他方の無線チャネルが使用している周波数領域へ漏れ出す漏洩電力の影響が大きくなる。

【0017】

また、空間分割多重を適用する場合には、同一の無線チャネルを用いて同時に複数の独立した信号を送信するので、無線局が1つの無線チャネルで1つ以上の信号を送信しているときには、同じ無線局が同じ無線チャネルで受信を行うことはできない。

一般に、データパケットの伝送を行う場合には、送信側の無線局がデータパケットの無線信号を送信した後で、受信側の無線局は受信したデータパケットに対する送達確認パケット(Ack)を送信側の無線局に対して返送する。この送達確認パケットを送信側の無線局が受信しようとする際に、漏洩電力の影響が現れる。

【0018】

例えば、図8において無線チャネル(1)と無線チャネル(2)の中心周波数が互いに近接している場合を想定すると、時刻 t_3-t_4 で無線チャネル(1)に送達確認パケット(Ack(1))が現れたときに、データパケット(2)を送信中である無線チャネル(2)からの漏洩電力の影響が無線チャネル(1)に現れるので、送信側の無線局は送達確認パケット(Ack(1))を受信できない可能性が高くなる。このような状況では、同時に複数の無線チャネルを利用したとしてもスループットを改善するのは困難である。

【0019】

一般に、無線LANシステムなどにおいてネットワーク(有線LAN)から入力されるデータフレームはデータ領域のサイズが一定ではない。従って、入力されるデータフレームのデータ領域を順次にデータパケットに変換して送信する場合には、各データパケットのデータサイズも変化する。

このため、図8に示すように複数のデータパケットを同時に送信開始した場合であっても、各々のデータパケットの送信所要時間に違いが生じ、各データパケットの送信終了時

刻に違いが生じる。従って、送達確認パケットの受信に失敗する可能性が高い。

【0020】

例えば、バッファ上の各データを等間隔に分割して複数のデータブロックを生成し、各々のデータブロックからデータパケットを生成すれば、サイズの等しい複数のデータパケットが得られるので、これらを複数の無線チャンネルで同時に送信すれば漏洩電力の影響を避けることができる。しかし、この場合には各々の入力データを複数に分割するため、各データパケットのサイズが通常よりも小さくなる。このため、実効スループットが低下する。

【0021】

また、例えばバッファ上に所定数のデータパケットが揃ってから、それらの中でサイズが同じ複数のデータパケットを抽出して同時に送信するように制御すれば、漏洩電力の影響を避けることができる。しかし、この場合にはサイズが同じ複数のデータがバッファ上に揃うまで待機せざるを得ないので、効率よく送信を開始することができず、実効スループットの低下は避けられない。また、サイズの同じデータが長時間に渡って現れない場合には伝送遅延時間が長くなる。

【0022】

また、複数の宛先との間で無線回線を介してデータパケットの伝送を行う場合には、宛先毎に異なる無線局との間で通信することになるので、宛先毎に伝送速度は異なる。そのため、サイズの同じデータであっても宛先が異なるデータパケットを同時に送信すると、同時に送信が終了しない可能性が高く、漏洩電力の影響によって送達確認パケットの受信に失敗することになる。

【0023】

従って、宛先の異なるデータパケットは、サイズが同じであっても同時に送信することができない。このため、宛先が同じでしかもサイズが同じ複数のデータが現れるまでの待ち時間は長くなる可能性が高い。

本発明は、複数の無線チャンネルを用いて、あるいは空間分割多重を用いて複数のデータパケットを並列送信可能な場合に、無線チャンネル間に漏洩電力の影響が現れる場合であっても、送達確認パケットの受信に失敗する確率を減らし、しかも実効スループットを改善することが可能な無線パケット通信方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0024】

1 番目の発明（請求項 1）は、複数の無線チャンネルの利用が可能、もしくは 1 つの無線チャンネルに複数の信号を空間分割多重することが可能な 2 つの無線局の間で無線通信を行い、複数のデータパケットを前記無線局同士の間で伝送するための無線パケット通信方法において、利用可能な複数種類の伝送速度の中で実際のデータパケットの送信に用いる伝送速度を通信相手の無線局毎に個別に管理し、所定の送信バッファ上に送信対象のデータパケットが複数存在する場合には、各々のデータパケットのデータ量を表すパケットサイズと、各々のデータパケットの宛先に対応付けられた伝送速度とを参照し、前記パケットサイズ及び伝送速度により定まる伝送所要時間をデータパケット毎に確認し、前記伝送所要時間が互いにほぼ等しい複数のデータパケットをデータの宛先端末に関係なく選択し、選択した複数のデータパケットを同時に送信開始することを特徴とする。

【0025】

各無線局が通信に利用する無線回線の状況は通信相手の無線局毎に異なり伝送品質も独立しているのが一般的である。従って、複数の伝送速度を選択的に使用できる場合には、通信相手の無線局毎に異なる伝送速度が用いられる場合が多い。

また、無線局が複数のデータパケットを同時に送信開始して複数のデータパケットの並列送信を行おうとする場合であっても、送信対象のデータパケットとして宛先が同一の複数のデータパケットが送信バッファ上に常に存在しているとは限らない。もしも、送信バッファ上に宛先の同じ複数のデータパケットが揃うまで待機するような制御を実施すると、送信の効率が劣化し実効スループットが低下する。

【0026】

例えば、送信対象の1つのデータブロックを複数に分割して複数のデータパケットを生成し、これらのデータパケットを同時に送信開始するように制御することは可能である。このようにすれば、複数のデータが送信バッファに入力されるまで待つことなく、直ちに送信を開始することができる。しかし、その場合には1パケット当たりのデータ量が小さくなるので送信の効率が劣化し実効スループットが低下する。

【0027】

一方、宛先の異なる複数のデータパケットを同時に送信できる場合には、同時に送信すべき複数のデータパケットが送信バッファ上に揃うまでの送信待ち時間は短くなる。しかし、宛先の無線局が異なる場合には使用する伝送速度が同一とは限らないので、同時に送信するデータパケットのデータサイズが同一であっても、それらの伝送所要時間すなわちパケット長が同一にならない可能性が高い。

【0028】

無線局が複数のデータパケットを同時に送信開始して複数のデータパケットの並列送信を行おうとする場合には、複数のデータパケットの送信がほぼ同時に終了しない限り問題が生じる。すなわち、送信された各データパケットに対して受信側の無線局から送達確認パケット(Ackパケット)が返送されるが、送信側の無線局が1つの無線チャネルで送達確認パケットを受信しようとするときに、他の無線チャネルでデータパケットの送信を継続していると、無線チャネル間の電力の漏洩の影響により送達確認パケットの受信に失敗する可能性が高いので、実効スループットが低下する。

【0029】

1番目の発明においては、伝送速度を通信相手の無線局毎に個別に管理し、パケットサイズ及び伝送速度により定まる伝送所要時間をデータパケット毎に確認し、伝送所要時間が互いにほぼ等しい複数のデータパケットを同時に送信開始するので、送達確認パケットの受信を開始する前に全てのデータパケットの送信を完了することができる。従って、無線チャネル間で電力の漏洩が発生する場合であっても、その影響を受けることなく送達確認パケットを受信することができる。しかも、宛先の異なる複数のデータパケットを同時に送信できるので、送信バッファ上に送信すべき複数のデータパケットが揃うまでの送信待ち時間を短縮できる。これにより実効スループットが改善される。

【0030】

2番目の発明(請求項2)は、1番目の発明において、送信を行う無線局は、パケットの送信に先立ってあらかじめ定められた複数の無線チャネルの空き状況をそれぞれ検出し、同時に複数の無線チャネルが空いていることを検出した場合に、空いている複数の無線チャネルを同時に利用することを特徴とする。

複数の無線チャネルを常時使用する場合には、無線チャネルの空きができにくい状況において複数の無線チャネルが同時に空き状態になるまでの待ち時間が長くなるので、実効スループットが低下する可能性が高い。2番目の発明では、トラヒックが多く無線チャネルの空きができにくいような状況では単一の無線チャネルを使って送信することができるので、実効スループットの低下を抑制できる。

【0031】

3番目の発明(請求項3)は、1番目の発明において、各時点で各々のデータパケットの宛先に対応付けられている伝送速度を表す第1の伝送速度よりも低速の他の伝送速度が第2の伝送速度として選択可能な場合には、前記第1の伝送速度及び第2の伝送速度のそれぞれについて前記伝送所要時間を求め、少なくとも前記第2の伝送速度から求めた伝送所要時間に基づいて送信対象のデータパケットを決定した場合には、前記データパケットの送信に用いる伝送速度を前記第2の伝送速度に切り替えてから前記データパケットを送信することを特徴とする。

【0032】

送信バッファ上に複数のデータパケットが存在する場合であっても、それらの伝送所要時間がほぼ同一になる確率は低いので、データパケットの送信を開始するまでの待ち時間

が長くなる場合もある。

ところで、一般的には伝送速度が低くなるのに伴って伝送品質が改善される傾向がある。従って、特定の伝送速度を選択して無線通信を行っている場合に、前記特定の伝送速度よりも低速の他の伝送速度に切り替えて通信を行っても、切り替え前と比べて同等以上の伝送品質で無線通信を行うことが可能である。

【0033】

つまり、それまでの通信における伝送品質を考慮して実際に使用する伝送速度を決定するような場合には、現在使用している伝送速度は使用可能な最大の伝送速度である場合が多く、それよりも低速の他の伝送速度に切り替えても問題は生じない。

3番目の発明においては、各々のデータパケットの宛先に対応付けられている第1の伝送速度（現在選択している伝送速度）だけでなく、それ以下の第2の伝送速度についても伝送所要時間を求めるので、送信バッファ上に存在する複数のデータパケットの伝送所要時間がほぼ同一になる確率が高まる。従って、データパケットの送信を開始するまでの待ち時間を短縮でき、実効スループットを改善できる。

【0034】

4番目の発明（請求項4）は、1番目の発明において、送信バッファ上の1単位のデータを複数に分割して前記伝送所要時間が等しい複数のデータパケットを生成する第1のモードと、前記伝送所要時間が異なる複数のデータパケットの少なくとも1つにダミー信号を付加して実質的な伝送所要時間が等しい複数のデータパケットを生成する第2のモードとが選択可能な場合に、前記伝送所要時間が等しいデータパケットを選択した後で、未選択のデータが送信バッファ上に残っている場合には、前記第1のモードを用いた条件における伝送効率と前記第2のモードを用いた条件における伝送効率とを比較し、その結果に応じて前記未選択のデータを第2のデータとして選択し、前記第2のデータから生成したデータパケットを前記第2のモードで送信することの特徴とする。

【0035】

伝送所要時間の揃っていない複数のデータが存在する場合には、各々のデータを2つ以上に等分割して伝送所要時間が等しい複数のデータパケットを生成しこれらを同時に送信すること（第1のモード）が可能であり、伝送所要時間の短いデータにダミー信号を付加して伝送所要時間を他のデータと揃えてからこれらのデータを同時に送信すること（第2のモード）も可能である。また、第1のモードを適用した場合の伝送効率及び第2のモードを適用した場合の伝送効率はそのときの状況（データサイズの組み合わせなど）に応じて変化する。4番目の発明においては、伝送効率を考慮して第1のモードと第2のモードとを適応的に選択できるので、伝送効率を改善し、実効スループットを改善できる。

【0036】

5番目の発明（請求項5）は、1番目の発明において、空き状態の無線チャネルの数 N_{ch} と、前記伝送所要時間が互いにほぼ等しいデータパケットの数 N_p とを検出し、（ $N_{ch} \geq N_p$ ）の場合には空間分割多重を用いることなく N_p 個の無線チャネルを用いて N_p 個のデータパケットを同時に送信し、（ $N_{ch} < N_p$ ）の場合には空間分割多重を用いて複数のデータパケットを同時に送信することの特徴とする。

【0037】

空間分割多重を用いて複数のデータパケットを同時に送信する場合よりも、複数の無線チャネルを用いて複数のデータパケットを同時に送信する方が高い伝送品質が得られる傾向がある。

5番目の発明においては、 N_{ch} 、 N_p を検出し、複数の無線チャネルの利用と空間分割多重の利用とを状況に応じて使い分けるので、望ましい通信が実現する。すなわち、複数の無線チャネルを用いて複数のデータパケットを同時に送信する場合には空き状態の複数の無線チャネルを有効に活用して品質の高い通信と実効スループットの改善とを両立でき、空間分割多重を利用する場合には空き状態の無線チャネルが1つだけの場合であっても実効スループットを改善できる。

【発明の効果】

【0 0 3 8】

本発明によれば、送達確認パケットの受信を開始する前に全てのデータパケットの送信を完了することができる。従って、無線チャネル間で電力の漏洩が発生する場合であっても、その影響を受けることなく送達確認パケットを受信することができる。しかも、宛先の異なる複数のデータパケットを同時に送信できるので、送信バッファ上に送信すべき複数のデータパケットが揃うまでの送信待ち時間を短縮できる。これにより実効スループットが改善される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0 0 3 9】

本発明の無線パケット通信方法の1つの実施の形態について図1～図7を参照して説明する。この形態は全ての請求項に対応する。

図1は送信処理を示すフローチャートである。図2は送信パケット選択処理の内容を示すフローチャートである。図3は実施の形態の無線局の構成を示すブロック図である。図4は空間分割多重を行う通信装置の構成例を示すブロック図である。図5は受信処理を示すフローチャートである。図6はパケットの構成を示す模式図である。図7は各無線チャネルの利用例を示すタイムチャートである。

【0 0 4 0】

この形態では、図2に示すように構成された無線局を2つ以上用いてこれらの無線局の間で無線回線を介してデータパケットを伝送する場合を想定している。実際には、例えばIEEE 802.11規格に準拠する無線LANシステムを構成する無線基地局や無線端末をこれらの無線局として想定することができる。

このような複数の無線局の間の無線回線上では、図6に示すようなデータパケット及びAckパケットが伝送される。データパケットは送信側の無線局から送出され、Ackパケットは受信したデータパケットに対する送達確認パケットとして受信側の無線局から送出される。

【0 0 4 1】

図6に示すように、データパケットにはデータフレームの他に、パケット種別情報、宛先無線局の識別情報(ID)、送信元無線局の識別情報及びシーケンス番号を含む制御情報が含まれている。また、Ackパケットにはパケット種別情報と直前に受信したデータパケットの送信元無線局の識別情報を含む制御情報が含まれている。

図3に示す無線局は、複数の送受信処理部10(1)、10(2)、・・・と、ヘッダ付加部21、送信バッファ22、送信チャネル選択制御部23、パケット振り分け送信制御部24、パケット順序管理部25、ヘッダ除去部26、データパケット管理部27及び宛先端末別伝送速度管理部32とを備えている。

【0 0 4 2】

各送受信処理部10(1)、10(2)、・・・は、互いに異なる無線チャネルで無線通信を行う。これらの無線チャネルは、互いに無線周波数などが異なっているので、送受信処理部10(1)、10(2)、・・・が使用する無線回線は互いに独立している。

各々の送受信処理部10は、変調器11、無線送信部12、アンテナ13、無線受信部14、復調器15、パケット選択部16、キャリア検出部17、送信状態保持部18、Ackパケット生成部19及び伝送速度選択部31を備えている。

なお、図3には2つの送受信処理部10だけを示してあるが、1つの無線局に設ける送受信処理部10の数については必要に応じて増やしてもよい。また、図3においては図面の内容が複雑になるのを避けるため記載を省略してあるが、実際にはこの無線局には空間分割多重通信を実現するための構成要素(図4に示すような機能要素)が含まれている。空間分割多重については後で説明する。

【0 0 4 3】

図3に示すヘッダ付加部21の入力には、送信すべき送信データフレーム系列が入力される。この送信データフレーム系列は、1つあるいは複数のデータフレームで構成される

。実際に扱うデータフレームとしては、例えばイーサネット（登録商標）フレームなどが想定される。

ヘッダ付加部 21 は、図 6 に示すようなデータパケットを生成する。すなわち、ヘッダ付加部 21 に入力された送信データフレーム系列中の各々のデータフレームに対して、パケット種別情報、宛先無線局の識別情報、送信元無線局の識別情報及びシーケンス番号を含む制御情報を付加する。

【0044】

パケット種別情報は、このデータパケットがデータフレームを送受信するために使用されるデータパケットであることを表す情報である。宛先無線局の識別情報は、当該データフレームの宛先となる無線局を特定するために利用される。送信元無線局の識別情報は、当該データフレームの送信元の無線局を特定するために利用される。シーケンス番号は、当該無線局が送信するデータフレームの順番を表す番号である。

【0045】

ヘッダ付加部 21 が生成したデータパケットは、データパケット系列として送信バッファ 22 に入力される。

送信バッファ 22 は、入力された 1 つあるいは複数のデータパケットをバッファリングして一時的に保持する。また、送信バッファ 22 は現在保持している各々のデータパケットが、送信バッファ 22 上のどのアドレスに保持されているかを表すアドレス情報と、当該データパケットのパケットサイズ及び宛先無線局の ID とを互いに対応付けて管理しており、これらの情報をデータパケット格納情報として逐次出力する。このデータパケット格納情報はデータパケット管理部 27 に入力される。

【0046】

データパケット管理部 27 は、送信バッファ 22 から逐次入力される前記データパケット格納情報を参照し、送信バッファ 22 に保持されている各データパケットのアドレス情報及びパケットサイズ及び宛先無線局の ID を互いに対応付けて管理する。

また、データパケット管理部 27 はアドレス情報に基づき、送信バッファ 22 に保持されている各データパケットの中で最も早い時刻に入力されたものを先頭データパケットとして認識し、この先頭データパケットと同時に送信可能な他のデータパケットとを同時に送信対象として選択する。

【0047】

「先頭データパケットと同時に送信可能な他のデータパケット」とは、伝送速度及びパケットサイズから求められる伝送所要時間（パケット長と呼ぶ）が先頭データパケットとほぼ同じであり、同時に送信しても無線チャネル間の漏れ電力の影響を受けることなく通信可能なデータパケットを意味する。

但し、宛先の異なるデータパケットはそれぞれ通信経路が異なるので、宛先毎に通信に使用する伝送速度も異なる。そこで、この形態では宛先端末別伝送速度管理部 32 が宛先端末毎に伝送速度の情報を管理している。実際には、過去のデータ送信時に使用した伝送速度の情報をチャネル（CH1, CH2）毎に宛先端末別に区別して宛先端末別伝送速度管理部 32 が保持している。

【0048】

データパケット管理部 27 は、パケット振り分け送信制御部 24 から入力される要求の内容を参照し、同時送信可能なパケットの数を認識する。

次に、データパケット管理部 27 は宛先端末別伝送速度管理部 32 に保持されている伝送速度の情報及び送信バッファ 22 に保持されている各データパケットに関する管理情報を参照し、各データパケットのパケットサイズ及び伝送速度から伝送所要時間が先頭データパケットとほぼ同じ他のデータパケットを選択する。

【0049】

また、宛先端末別伝送速度管理部 32 に保持されている伝送速度は必要な伝送品質を満たす最大の伝送速度であり、実際にはそれよりも低速の他の伝送速度を使用することも可能である。そこで、データパケット管理部 27 は宛先端末別伝送速度管理部 32 に保持さ

れている伝送速度以下の他の選択可能な伝送速度のそれぞれについても、各データパケットの伝送所要時間を求め、伝送所要時間が先頭データパケットとほぼ同じ全てのデータパケットを選択する。

【0050】

そして、データパケット管理部27は選択したデータパケットの中から、パケット振り分け送信制御部24から要求されたパケット数と同数の1つ又は複数のデータパケットの各アドレス情報を送信バッファ22へ出力する。すなわち、データパケット管理部27は先頭データパケットのアドレスと、前述の条件を満たす選択されたデータパケットのアドレスとを送信バッファ22に対して与える。同時に、データパケット管理部27は各データパケットの伝送速度を表す情報をパケット振り分け送信制御部24に与える。また、データパケット管理部27は選択したデータパケットの数を送信チャネル選択制御部23に出力する。

【0051】

パケット振り分け送信制御部24は、各無線チャネルに対して各データパケットを対応付ける際に、データパケット管理部27から入力された伝送速度の情報を該当する無線チャネルの伝送速度選択部31に与える。

送信チャネル選択制御部23の各入力端子には、各送受信処理部10内のキャリア検出部17がそれぞれ検出した各無線チャネルのキャリア検出結果と、データパケット管理部27が出力するデータパケット数（先頭データパケットと伝送所要時間がほぼ同じデータパケットの数）と、各送受信処理部10内の送信状態保持部18が出力する各無線チャネルにおける送信状況の情報とが入力される。

【0052】

送信チャネル選択制御部23は、これらの入力情報に基づいて同時に送信するデータパケットの数を決定するとともに、これらのデータパケットの送信に用いる無線チャネルを選択し、これらの結果をパケット振り分け送信制御部24に対して出力する。

なお、ここではキャリア未検出でありかつ送信処理中でない無線チャネルを空き無線チャネルと呼ぶことにする。また、キャリア未検出かどうかを判定するためにキャリアを監視する時間の長さについては所定の計算式から算出される一定時間Tとする。

【0053】

この形態では、送信チャネル選択制御部23は空き無線チャネルの数がデータパケット管理部27から通知されたデータパケット数以上であった場合には、このデータパケット数を同時に送信するデータパケットの数として決定するとともに、このデータパケットの数と同数の無線チャネルを前記空き無線チャネルの中から選択し、その結果をパケット振り分け送信制御部24に通知する。

【0054】

また、空き無線チャネルの数がデータパケット管理部27から通知されたデータパケット数よりも少なかった場合には、空き無線チャネルの数を同時に送信するデータパケットの数として決定するとともに前記全ての空き無線チャネルを選択し、その結果をパケット振り分け送信制御部24に通知する。

パケット振り分け送信制御部24は、送信チャネル選択制御部23から通知された無線チャネルの選択結果から得られる送信データパケット数に従って、これと同数のデータパケットを送信バッファ22から読み出すための要求をデータパケット管理部27に出力する。

【0055】

データパケット管理部27は、パケット振り分け送信制御部24から入力された要求の内容に従い、前述のように要求されたデータパケットの数と同数の1つ又は複数のデータパケットの各アドレス情報を送信バッファ22に対して出力する。

送信バッファ22は、それが保持しているデータパケットの中で、データパケット管理部27から入力された各アドレス情報で特定されるアドレスに存在する各データパケットを全て読み出してパケット振り分け送信制御部24に出力するとともに、該当する各デー

タパケットを送信バッファ 22 上から削除する。

【0056】

パケット振り分け送信制御部 24 は、送信バッファ 22 から入力された各々のデータパケットに対し、送信チャネル選択制御部 23 から通知された無線チャネルの中で互いに異なる無線チャネルを 1 つずつ対応付ける。

そして、複数のデータパケットがパケット振り分け送信制御部 24 に入力された場合には、これらを同一のタイミングで選択された複数の無線チャネルを用いて並列送信するために、複数の送受信処理部 10（選択された無線チャネルに該当するもののみ）の各変調器 11 に対してそれぞれ該当するデータパケットを同時に出力する。また、パケット振り分け送信制御部 24 は選択された複数の無線チャネルを用いてデータパケットの送信処理を開始したことを示す信号を、選択された無線チャネルに該当する送受信処理部 10 内の送信状態保持部 18 に対して出力する。

【0057】

また、パケット振り分け送信制御部 24 に入力されたデータパケットが 1 つのみである場合には、選択した 1 つの無線チャネルに対応する 1 つの送受信処理部 10 の変調器 11 に対してデータパケットを送信し、選択された 1 つの無線チャネルを用いてデータパケットの送信処理を開始したことを示す信号を同じ送受信処理部 10 内の送信状態保持部 18 に対して出力する。

【0058】

各送受信処理部 10 内の変調器 11 は、パケット振り分け送信制御部 24 からデータパケットが入力されると、そのデータパケットに対して所定の変調処理を施して無線送信部 12 に出力する。また、伝送速度選択部 31 の選択した伝送速度に応じた信号が変調器 11 に入力される。

伝送速度選択部 31 は、使用可能な複数の伝送速度の中から実際に使用する伝送速度を決定するが、選択の条件は送信状態保持部 18 の出力する信号の状態及びパケット振り分け送信制御部 24 から入力される伝送速度によって決定される。

【0059】

例えば、伝送所要時間が同じ複数のデータパケットをデータパケット管理部 27 が選択する際に、宛先端末別伝送速度管理部 32 に保持されている最大の伝送速度よりも低速の伝送速度で条件を満たしたデータパケットを送信する場合には、条件を満たす伝送速度の情報がデータパケット管理部 27 から出力され、パケット振り分け送信制御部 24 を介して伝送速度選択部 31 に入力されるので、前回送信時と同じ無線チャネルで同じ宛先にデータパケットを送信する場合であっても、伝送速度選択部 31 は使用する伝送速度を新たに指定された伝送速度に切り替える。

【0060】

各無線送信部 12 は、変調器 11 から入力された変調処理後のデータパケットに対して、DA 変換、周波数変換、フィルタリング及び電力増幅を含む送信処理を施す。各無線送信部 12 は、それぞれ予め割り当てられた 1 つの無線チャネルに対応した送信処理を行う。無線送信部 12 によって送信処理が施されたデータパケットは、アンテナ 13 を介して無線信号として送信される。

【0061】

パケット振り分け送信制御部 24 に複数のデータパケットが同時に入力された場合には、これらのデータパケットは複数の無線チャネルにそれぞれ対応付けられた複数の送受信処理部 10 で同時に処理され、複数の無線チャネルで無線信号として同時に送信開始される。また、空間分割多重を利用する場合には、1 つの無線チャネルで複数のデータパケットを同時に並列送信することができる。

【0062】

2 つのデータパケットが同時にパケット振り分け送信制御部 24 に入力された場合には、例えば図 7 に示す時刻 t_1 で無線チャネル (1) と無線チャネル (2) とを用いて、データパケット (1) とデータパケット (2) とが同時に送信開始される。

また、同時に送信されるデータパケット (1) とデータパケット (2) とは伝送所要時間がほぼ同じになるようにデータパケット管理部 2 7 によって選択されたものであるので、無線チャネル (1)、無線チャネル (2) とともにデータパケットの送信が終了する時刻 (t 2) は同時になる。

【0063】

一方、他の無線局が送信した無線信号が各送受信処理部 1 0 (1)、1 0 (2)、・・・の何れかに割り当てられた無線チャネルで送信された場合には、無線信号の電波は該当する送受信処理部 1 0 のアンテナ 1 3 で受信され、無線受信部 1 4 に入力される。

予め割り当てられた無線チャネルの無線信号がアンテナ 1 3 から入力されると、無線受信部 1 4 は、入力された無線信号に対して、周波数変換、フィルタリング、直交検波及び A/D 変換を含む受信処理を施す。

【0064】

なお、各送受信処理部 1 0 (1)、1 0 (2)、・・・の無線受信部 1 4 は、それぞれ予め割り当てられた無線チャネルに対応する受信処理を行う。また、各送受信処理部 1 0 (1)、1 0 (2)、・・・の無線受信部 1 4 には、それぞれに接続されたアンテナ 1 3 が送信のために使用されていない時には、他の無線局が送信したデータパケットの有無とは無関係に常にアンテナ 1 3 を介して割り当てられた無線チャネルを含む無線伝搬路上の無線信号が入力されており、無線受信部 1 4 はデータパケットの有無に合わせて適切な受信処理を行う。

【0065】

割り当てられた無線チャネルでデータパケットが送信されていた場合には、受信した無線信号に対応するベースバンド信号が無線受信部 1 4 から出力される。また、割り当てられた無線チャネルにおける受信信号の受信電界強度を表す RSSI 信号が無線受信部 1 4 から出力される。

なお、RSSI 信号は該当する無線チャネルでデータパケットが送信されていたか否かとは無関係に、接続されたアンテナ 1 3 が送信状態でなければ無線受信部 1 4 から常に出力される。

【0066】

無線受信部 1 4 から出力される受信信号及び RSSI 信号は、復調器 1 5 及びキャリア検出部 1 7 にそれぞれ入力される。

キャリア検出部 1 7 は、RSSI 信号が入力されると、その信号によって表される受信電界強度の値と予め定めた閾値とを比較する。そして、所定の計算方法で算出される時間 (T) の間に渡って連続的に受信電界強度が前記閾値よりも小さい状態が継続すると、割り当てられた無線チャネルが空き無線チャネルであると判定し、それ以外の場合には割り当てられた無線チャネルがビジーであると判定する。この判定結果を各キャリア検出部 1 7 はキャリア検出結果 CS (1)、CS (2)、・・・として出力する。

【0067】

なお、時間 T はその都度変化させても良いが、本例においては簡単のため一定値である場合を想定する。

なお、各送受信処理部 1 0 において、アンテナ 1 3 が送信状態である場合にはキャリア検出部 1 7 には RSSI 信号が入力されない。また、アンテナ 1 3 が既に送信状態にある場合には、同じアンテナ 1 3 を用いて他のデータパケットを無線信号として同時に送信することはできない。

【0068】

従って、各キャリア検出部 1 7 は RSSI 信号が入力されなかった場合には、割り当てられた無線チャネルがビジーであることを示すキャリア検出結果を出力する。各無線チャネルのキャリア検出部 1 7 から出力されるキャリア検出結果 CS (1)、CS (2)、・・・は送信チャネル選択制御部 2 3 に入力される。

また、各送受信処理部 1 0 の送信状態保持部 1 8 は、割り当てられた無線チャネルを用いて自局が送信処理を行っている状況であるか否かを表す情報を保持し、その情報を送信

チャンネル選択制御部 2 3 に対して出力する。

【0 0 6 9】

パケット選択部 1 6 は、復調器 1 5 から入力されたパケットについて最初にその種別を識別する。すなわち、各パケットのヘッダには図 6 に示すようにパケット種別情報が含まれているので、この情報を参照して入力されたパケットがデータパケットか A c k パケット（送達確認パケット）かを識別する。

A c k パケットを受信した場合には、そのパケットに含まれている送信元無線局の I D を参照し、それが自局の I D と一致するか否かを確認する。A c k パケットの送信元無線局の I D が自局の I D と一致した場合には、該当するパケットを送信した際に使用した無線チャンネルに対応付けられた送受信処理部 1 0 の送信状態保持部 1 8 に対して、A c k パケットを受信したことを示す信号を出力し、一致しない場合には受信したパケットを破棄する。

【0 0 7 0】

送信状態保持部 1 8 は、パケット選択部 1 6 から A c k パケットを受信したことを示す信号が入力された場合には、対応する無線チャンネルを使用して直前に送信したデータパケットの送信処理が完了したことを認識して各々の無線チャンネルに対応する送信状況を更新して保持し、保持している無線チャンネルの送信状況を送信チャンネル選択制御部 2 3 に対して出力する。

【0 0 7 1】

一方、パケット選択部 1 6 に入力されたパケットがデータパケットであった場合には、入力されたデータパケットが自局に対して送信されたものか否かを識別する。すなわち、各データパケットには図 6 に示すようにヘッダとして宛先無線局の I D が含まれているので、その I D が自局と一致するか否かを調べることにより、各データパケットが自局宛か否かを識別できる。

【0 0 7 2】

パケット選択部 1 6 に入力されたデータパケットが自局に対して送信されたものであった場合には、パケット選択部 1 6 は当該パケットを A c k パケット生成部 1 9 及びパケット順序管理部 2 5 に出力する。また、自局宛でないパケットを検出した場合には、パケット選択部 1 6 は当該パケットを破棄する。

A c k パケット生成部 1 9 は、パケット選択部 1 6 からデータパケットが入力されると、そのヘッダから送信元無線局の I D を抽出し、それを含む図 6 に示すような A c k パケットを生成する。

【0 0 7 3】

A c k パケット生成部 1 9 が生成した A c k パケットは、変調器 1 1 で変調され、データパケットを送信する場合と同様に、無線送信部 1 2 で処理されアンテナ 1 3 から無線信号として送出される。

パケット順序管理部 2 5 は、入力された各データパケットに付加されているシーケンス番号（図 6 参照）を調べ、受信した複数のデータパケットの並びを適切な順番、すなわちシーケンス番号順に並べ替える。その結果を受信データパケット系列としてヘッダ除去部 2 6 に出力する。

【0 0 7 4】

ヘッダ除去部 2 6 は、入力された受信データパケット系列に含まれている各々のデータパケットからヘッダ部分、すなわちパケット種別情報、宛先無線局の I D、送信元無線局の I D 及びシーケンス番号を含む制御情報を除去して元のデータフレームを抽出し、受信データフレーム系列として出力する。

ところで、空間分割多重技術を採用することにより、各々の無線チャンネルで同時に複数の独立した無線信号を伝送することができる。空間分割多重を行う通信装置の構成及び動作について、図 4 を参照しながら説明する。

【0 0 7 5】

なお、図 4 に示す通信装置においては、空間分割多重（S D M）と符号化 C O F D M（

Coded OFDM) とを組み合わせた構成になっている。

図 4 に示す送信局 5 0 は、畳み込み符号化部 5 1, マッピング処理部 5 2, S D M - C O F D M 用プリアンブル作成部 5 3, I F F T 処理部 5 4, 無線送信部 5 5 及びアンテナ 5 6 を備えている。また、畳み込み符号化部 5 1, マッピング処理部 5 2, I F F T 処理部 5 4, 無線送信部 5 5 及びアンテナ 5 6 はそれぞれ多重数に対応する数だけ備わっている。

【 0 0 7 6 】

また、図 4 に示す受信局 6 0 は、アンテナ 6 1, 無線受信部 6 2, F F T 処理部 6 3, 伝達係数推定部 6 4, 混信補償処理部 6 5, 重み係数推定部 6 6, 乗算部 6 7, デマッピング処理部 6 8 及びピタビ復号器 6 9 を備えている。また、アンテナ 6 1, 無線受信部 6 2, F F T 処理部 6 3, 乗算部 6 7, デマッピング処理部 6 8 及びピタビ復号器 6 9 はそれぞれ多重数に対応する数だけ備わっている。

【 0 0 7 7 】

例えば図 4 において、送信側のアンテナ 5 6 (1) から送信される無線信号は、受信側の 2 つのアンテナ 6 1 (1), 6 1 (2) でそれぞれ受信される。また、送信側のアンテナ 5 6 (2) から送信される無線信号は、受信側の 2 つのアンテナ 6 1 (1), 6 1 (2) でそれぞれ受信される。

送信側のアンテナ 5 6 (1) から出力される無線信号とアンテナ 5 6 (2) から出力される無線信号とは、互いに周波数などが同一の無線チャネルで送信される。

【 0 0 7 8 】

従って、受信側のアンテナ 6 1 (1) は同一の無線チャネルで、送信側のアンテナ 5 6 (1) から送信された無線信号とアンテナ 5 6 (2) から送信された無線信号とを同時に受信する。また、受信側のアンテナ 6 1 (2) も同一の無線チャネルで、送信側のアンテナ 5 6 (1) から送信された無線信号とアンテナ 5 6 (2) から送信された無線信号とを同時に受信する。

一般的な通信においては、同一の無線チャネルで複数の無線信号が同時に送信されるとそれらが互いに混信を発生することになり、いずれの無線信号も正しく受信することができない。

【 0 0 7 9 】

ところが、図 4 に示すように送信側の複数のアンテナ 5 6 (1), 5 6 (2) の間隔が十分に大きく、受信側の複数のアンテナ 6 1 (1), 6 1 (2) の間隔も十分に大きい場合には、アンテナ 5 6 (1) から送信されてアンテナ 6 1 (1) で受信される無線信号の伝搬経路とアンテナ 5 6 (2) から送信されてアンテナ 6 1 (1) で受信される無線信号の伝搬経路との間、並びにアンテナ 5 6 (1) から送信されてアンテナ 6 1 (2) で受信される無線信号の伝搬経路とアンテナ 5 6 (2) から送信されてアンテナ 6 1 (2) で受信される無線信号の伝搬経路との間には十分に大きな経路差が生じる。

【 0 0 8 0 】

従って、送信側のアンテナ 5 6 (1) から送信されて受信側の各アンテナ 6 1 (1), 6 1 (2) に届く無線信号に関する伝達係数と、送信側のアンテナ 5 6 (2) から送信されて受信側の各アンテナ 6 1 (1), 6 1 (2) に届く無線信号に関する伝達係数との間には大きな違いが生じる。

そこで、同じ無線チャネルで同時に送信された複数の無線信号を、それらの間の伝達係数の違いに対応する受信側のデジタル信号処理によって互いに分離することが可能になる。このため、例えば図 4 に示すように送信側に 2 つのアンテナ 5 6 (1), 5 6 (2) を設ける場合には、1 つの無線チャネルに 2 つの独立した無線信号を多重化して送信することが可能になる。

【 0 0 8 1 】

図 4 に示す例では、送信局 5 0 に設けられた 2 つの畳み込み符号化部 5 1 (1), 5 1 (2) のそれぞれの入力に、1 つの無線チャネルで多重化して送信する複数のデータパケット C H (1), C H (2) が入力される。各畳み込み符号化部 5 1 は、入力されるデータパケットに対して畳み込み符号化を行う。

図4に示す通信装置においては、データパケットとしてパケット単位で無線信号を伝送する。各々のデータパケットには、SDM-COFDM用プリアンブル作成部53の作成したSDM-COFDM用プリアンブルがマッピング処理部52で付加される。このプリアンブルは、受信側で伝達係数の推定に利用される。

【0082】

また、マッピング処理部52は変調方式に応じて複数のサブキャリアに対する信号のマッピングを行う。マッピング処理部52から出力された信号は、IFFT処理部54で逆フーリエ変換処理を施され、周波数領域から時間領域の信号に変換された後、無線送信部55で変調されOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing: 直交周波数分割多重) の無線信号として何れかのアンテナ56から送信される。

【0083】

無線送信部55(1)が生成する無線信号と無線送信部55(2)が生成する無線信号とは同一の無線チャネルに割り当てられる。従って、データパケットCH(1)から生成されアンテナ56(1)から送信される無線信号とデータパケットCH(2)から生成されアンテナ56(2)から送信される無線信号とは同時に同じ無線チャネルに送出される。

受信局60のアンテナ61(1)は送信側のアンテナ56(1)から送信された無線信号とアンテナ56(2)から送信された無線信号とをそれらが互いに干渉している状態で同時に同じ無線チャネルで受信する。また、アンテナ61(2)も送信側のアンテナ56(1)から送信された無線信号とアンテナ56(2)から送信された無線信号とを同時に同じ無線チャネルで受信する。

【0084】

アンテナ61(1)及び無線受信部62(1)が受信する無線チャネルとアンテナ61(2)及び無線受信部62(2)が受信する無線チャネルとは同一のチャネルであり、アンテナ56(1)、56(2)から送信される無線信号のチャネルと同一である。

各々のアンテナ61(1)、61(2)で受信された無線信号は、それぞれ無線受信部62(1)、62(2)でベースバンド信号に変換され、サブキャリア毎に復調された後、FFT処理部63(1)、63(2)でフーリエ変換処理され、時間領域から周波数領域の信号に変換される。すなわち、サブキャリア毎に分離された信号が各FFT処理部63の出力に得られる。

【0085】

一方、伝達係数推定部64は受信したデータパケットに含まれている伝達係数推定用プリアンブルを用いて、アンテナ56(1)－アンテナ61(1)間の伝達係数と、アンテナ56(2)－アンテナ61(1)間の伝達係数と、アンテナ56(1)－アンテナ61(2)間の伝達係数と、アンテナ56(2)－アンテナ61(2)間の伝達係数とを求め、それらを含む伝達係数行列の逆行列を求める。

【0086】

混信補償処理部65は、伝達係数推定部64の求めた逆行列を用いて、各FFT処理部63の出力に得られる受信サブキャリア信号から、アンテナ56(1)で送信された無線信号に対応する送信サブキャリア信号と、アンテナ56(2)で送信された無線信号に対応する送信サブキャリア信号とを互いに分離して求める。

図4の通信装置においては、混信補償処理部65における干渉補償により受信サブキャリア信号の信号振幅は一定になるので、軟判定ビット復号への尤度情報が一定になる。従って、軟判定ビット復号の誤り訂正効果を十分に利用しているとはいえない。

【0087】

そこで、尤度情報を得るため、重み係数推定部66は多重された各信号のSNRに基づく振幅重み係数を伝達係数推定部64の推定した前記逆行列から推定する。

各乗算部67(1)、67(2)は、混信補償処理部65で干渉補償された各受信サブキャリア信号に、重み係数推定部66が求めた振幅重み係数を乗算する。

また、多重化された各無線信号から生成された各受信サブキャリア信号は、同期検波された後、変調方式に応じてデマッピング処理部68でマッピングの逆の処理を受け、復調

出力としてビタビ復号器 6 9 に入力される。

【0088】

ビタビ復号器 6 9 は、軟判定ビタビ復号処理を行って受信信号の誤り訂正を行う。なお、図 4 に示す通信装置の具体的な動作原理については、非特許文献 2 に開示されている。

この形態では、本発明の実施に用いる各無線局が、同時に利用可能な複数の無線チャネルのそれぞれについて、図 4 に示すような送信局 5 0 の各構成要素及び受信局 6 0 の各構成要素を備えていることを想定している。

【0089】

このため、例えば各無線局が 3 つの送受信処理部 1 0 を備えている場合に、1 つの無線チャネルあたり 2 つの無線信号を空間分割多重することを想定すると、 (3×2) 個の無線信号を同時に伝送することが可能である。

次に、図 3 に示す無線局が行う送信処理の概要について、図 1 を参照しながら説明する。

【0090】

ステップ S 1 1 では、利用可能な全ての無線チャネルの中から全ての空き無線チャネルを検索する。実際には、各送受信処理部 1 0 のキャリア検出部 1 7 を用いてチャネル毎に無線チャネルの空き状況を検出する。検出した空き無線チャネルの総数を Nch とする。

空き無線チャネルを 1 つ以上検出した場合にはステップ S 1 1 から次の S 1 2 に進み、送信バッファ 2 2 上の送信待ちデータパケット数 K を取得する。送信待ちデータパケット数 K が 1 以上の場合にはステップ S 1 3 に進む。

【0091】

ステップ S 1 3 では、図 2 に示すような処理を実行し、送信バッファ 2 2 上の送信待ちデータパケットの中から次のタイミングで送信すべきデータパケットを 1 つ又は複数選択する。この処理は図 3 のデータパケット管理部 2 7 によって実行される。

図 2 のステップ S 3 1 では、送信バッファ 2 2 上の管理情報を取得する。すなわち、送信バッファ 2 2 上に保持されている各々のデータパケットのアドレス情報と宛先及びパケットサイズとを対応付けたデータパケット格納情報を全てのデータパケットについて取得する。

【0092】

ステップ S 3 2 では、各データパケットの宛先に対応付けられた伝送速度の情報を宛先端末別伝送速度管理部 3 2 から取得する。

ステップ S 3 3 では、ステップ S 3 1 で取得したパケットサイズとステップ S 3 2 で取得した伝送速度とに基づいて、送信バッファ 2 2 上の各データパケットのパケット長、すなわち伝送所要時間を求める。パケット長は $((\text{パケットサイズ}) / (\text{伝送速度}))$ として計算される。

【0093】

また、ステップ S 3 3 では送信バッファ 2 2 上の先頭のデータパケット（最も早い時刻に送信バッファ 2 2 に入力されたデータパケット）のパケット長と送信バッファ 2 2 上の 2 番目以降のデータパケットのパケット長とを比較する。

ステップ S 3 4 では、先頭のデータパケット及びパケット長が先頭のデータパケットとほぼ等しい 2 番目以降のデータパケットを全て選択する。

【0094】

ステップ S 3 5 では、ステップ S 3 4 で選択されなかったデータパケットが送信バッファ 2 2 上に存在するか否かを識別し、存在する場合には次のステップ S 3 6 に進み、存在しない場合にはステップ S 3 8 に進む。

ところで、宛先端末別伝送速度管理部 3 2 に保持されている宛先毎の伝送速度は、使用可能な伝送速度の最大値である。従って、宛先端末別伝送速度管理部 3 2 から取得した伝送速度よりも低速であれば他の伝送速度を使用しても通常は問題が生じない。

【0095】

そこで、ステップ S 3 6 ではステップ S 3 4 で選択されなかった送信バッファ 2 2 上の

残りの各データパケットについて、宛先端末別伝送速度管理部 32 から取得した伝送速度よりも低速の選択可能な全ての伝送速度について、それぞれパケット長を求める。

ステップ S 37 では、ステップ S 36 で求めた各データパケットの各伝送速度のパケット長を、ステップ S 33 で求めた先頭のデータパケットのパケット長と比較する。そして、パケット長が先頭のデータパケットとほぼ一致する各データパケットを選択する。

【0096】

ステップ S 38 では、ステップ S 34 及び S 37 で選択した各データパケットに対応付けられた伝送速度の信号をデータパケット管理部 27 から出力し、パケット振り分け送信制御部 24 を介して該当するチャネルの送受信処理部 10 の伝送速度選択部 31 に与える。ステップ S 34 で選択したデータパケットについては、宛先端末別伝送速度管理部 32 から取得した伝送速度をそのまま出力するが、ステップ S 37 で選択したデータパケットについては、パケット長の比較の際に一致が検出されたパケット長の算出に用いた伝送速度を出力する。

【0097】

図 1 のステップ S 14 では、ステップ S 13 の処理によって選択されたデータパケットの数 N_p を取得する。

ステップ S 15 では、ステップ S 13 で選択されたデータパケットの数 N_p を調べる。 $(N_p = 1)$ の場合にはステップ S 16 に進み、1 個の空き無線チャネルを使って選択された 1 つのデータパケットを送信する。

【0098】

$(N_p > 1)$ の場合にはステップ S 15 から S 17 に進み、ステップ S 11 で検出された空き無線チャネルの数 N_{ch} を調べる。 $(N_{ch} = 1)$ の場合にはステップ S 22 に進み、 $(N_{ch} > 1)$ の場合にはステップ S 18 に進む。

ステップ S 18 では、ステップ S 13 で選択されたデータパケットの数 N_p と空き無線チャネルの数 N_{ch} 及び利用可能な空間分割多重数 L とを比較する。 $(N_p > N_{ch})$ かつ $(N_p > L)$ である場合はステップ S 19 に進み、 $(N_p \leq N_{ch})$ 又は $(N_p \leq L)$ の場合にはステップ S 20 に進む。

【0099】

ステップ S 19 では空き無線チャネルの数 N_{ch} と利用可能な空間分割多重数 L とを比較する。 $(N_{ch} \geq L)$ の場合にはステップ S 21 に進み、 $(N_{ch} < L)$ の場合にはステップ S 22 に進む。

ステップ S 20 では空き無線チャネルの数 N_{ch} とステップ S 13 で選択されたデータパケットの数 N_p とを比較する。 $(N_{ch} \geq N_p)$ の場合にはステップ S 21 に進み、 $(N_{ch} < N_p)$ の場合にはステップ S 22 に進む。

【0100】

ステップ S 21 では、ステップ S 11 で検出された複数の空き無線チャネルを同時に使い、ステップ S 13 で選択された複数のデータパケットを同時に送信開始する。

ステップ S 22 では、1 つの空き無線チャネルを使い、ステップ S 13 で選択された複数のデータパケットを空間分割多重により多重化して同時に送信開始する。

ステップ S 16, S 21 又は S 22 でデータパケットの送信を開始した後、パケットの送信が完了するまでステップ S 23 で待機してからステップ S 11 に戻る。実際には、各送受信処理部 10 の送信状態保持部 18 が出力する情報を監視することにより、自局が送信終了していない無線チャネルが存在するか否かをステップ S 23 で確認することができる。なお、ステップ S 23 については省略しても良い。

【0101】

従って、例えば図 7 に示す時刻 $t_0 \sim t_1$ では、所定時間 T に渡って空き状態であることが検出された 2 つの無線チャネル (1), (2) が同時に存在するので、これらの無線チャネル (1), (2) を同時に使って互いに異なる 2 つのデータパケット (1), (2) を並列送信することができる。

受信側の無線局は、チャネル毎に各々のデータパケットの受信に成功すると送達確認信

号 (Ack パケット) を返送する。

【0102】

例えば、図7の例では、時刻 t_6 でデータパケット (3) ともう1つのデータパケットとの2つが送信待ちであったとしても、利用可能な一方の無線チャネル (1) がチャネルビジーであるためデータパケット (3) だけしか送信することができない。

ここで図1のステップS23を実行する場合には、何れかの無線チャネルで送信中は新たな送信ができないので、図7の時刻 t_8 で無線チャネル (1) がチャネルビジーでなくとも、次のデータパケットを直ちに送信することはできない。従って、データパケット (3) に対する送達確認信号である Ack (3) が現れて、全てのチャネルが送信中でない状態になった時点で次のデータパケットの送信が開始される。

【0103】

ところで、複数の無線チャネル間で送信電力の漏洩が発生する場合には、隣接する他の無線チャネルで自局が送信している時に受信すべき信号 (例えば Ack パケット) が届いても隣接チャネルからの送信電力の漏れの影響により受信に失敗する可能性が高い。

しかし図1のステップS13においては、送信対象のデータパケットとして、伝送速度及びパケットサイズから求められるパケット長、すなわち各データパケットの伝送所要時間がほぼ等しい複数のデータパケットを選択するので、図7に示すように時刻 t_1 で送信を開始したデータパケット (1) 及びデータパケット (2) は共に時刻 t_2 で送信を完了する。

【0104】

また、データパケットの送信完了時から Ack を受信開始するまでの時間は、一般にデータパケットのパケット長によらず一定であるため、データパケット (1) に対する送達確認信号である Ack (1) を受信するタイミング ($t_3 \sim t_4$) とデータパケット (2) に対する送達確認信号である Ack (2) を受信するタイミング ($t_3 \sim t_4$) も同じになり、送信電力の漏れの影響を受けることなく Ack (1), Ack (2) を受信できる。

【0105】

なお、同時に送信する複数のデータパケットのパケット長が互いに等しくない場合には、パケット長の差に相当する分だけデータパケット (1) 及びデータパケット (2) の送信が完了する時刻が異なることになるため、Ack (1) 及び Ack (2) を受信するタイミングにも、パケット長の差に相当する分だけ差が生じることになる。しかしながら、データパケット (1) 及びデータパケット (2) のパケット長の差が十分に小さく、各々のデータパケットの送信完了時刻の差が、データパケットの送信完了時から Ack の受信を開始するまでの時間よりも短ければ、送信電力の漏れの影響を受けることなく Ack (1), Ack (2) を受信できる。従って、ステップS13で同時に選択するデータパケットについては、パケット長が完全に一致していなくてもパケット長の差が十分に小さければ問題はない。

【0106】

このように、空き無線チャネルが同時に複数存在する場合、あるいは空間分割多重を用いる場合には、複数のデータパケットを並列送信できるので、単位時間で送信できるデータパケットの数を大幅に増やすことができ、スループットが改善される。

一方、図3に示す無線局が無線信号の受信を行う場合には、各々のデータパケットに対して図5に示すような受信処理が実行される。なお、図5においては Ack パケットに対する処理の記載は省略されている。

【0107】

図5のステップS121では、全ての送受信処理部10で受信可能な複数 (送受信処理部10の数と同数) の無線チャネルのそれぞれについて、データパケットの受信処理を実行する。パケットを受信した場合には、ステップS122でデータパケットに含まれている宛先無線局のIDを参照し、自局宛のパケットか否かを識別する。

自局宛のデータパケットを受信した場合にはステップS123でそのデータパケットの

処理を実行し、自局宛でないデータパケットを受信した場合にはステップ S 1 2 4 でそのデータパケットを破棄する。

【0108】

ステップ S 1 2 2, S 1 2 3 については、受信したデータパケットのそれぞれについて実行する。

次に、変形例について図 1 0 及び図 1 1 を参照して説明する。図 1 0 は送信パケット選択処理 (2) の内容を示すフローチャートである。図 1 1 は各モードの動作例を示すタイムチャートである。

【0109】

この変形例では、前述の図 2 に示す処理の代わりに図 1 0 に示す処理を行う。すなわち、図 2 のステップ S 3 5 - S 3 8 の間の処理が図 1 0 のステップ S 3 6 B, S 3 7 B に変更されている。変更された部分について説明する。

ステップ S 3 6 B では、バッファ先頭から 2 番目のパケットから順に図 1 0 に示した条件式に該当する k 個のデータパケットを選択する。この条件式は、後述するように 2 つのモードの伝送効率に関する比較を行うものである。

【0110】

ステップ S 3 7 B では、前のステップ S 3 6 B で選択した k 個のデータパケットのパケット長 (伝送所要時間) が全て T_1 (バッファ先頭のデータの packets 長) と等しくなるように、 k 個の各データパケットにダミー信号を付加する。

次に、このような処理を行う理由を説明する。例えばパケット長の揃わない 2 つのデータパケットが存在する場合に、2 つの無線チャネルが空き状態であった場合には、図 1 1 に示すような 2 種類のモードを採用し、実質的にパケット長の揃った 2 つのデータパケットを並列送信することが考えられる。

【0111】

すなわち、図 1 1 に示す上側のモードでは、パケット長 (T_2) の短い 2 番目のパケットにダミー信号を付加して、実質的なパケット長を先頭パケットのパケット長 (T_1) に合わせてこれらを同時に送信する。図 1 1 に示す下側のモードでは、それぞれのパケットを 2 つに等分割してパケット長 ($T_1/2$, $T_2/2$) の揃ったデータパケットを生成し、先頭のパケットと 2 番目のパケットとを 2 回に分けて送信する。

【0112】

ここで、図 1 1 に示す上側のモードの送信効率は $(T_1 + T_{oh})$ で表すことができ、下側のモードの送信効率は $((T_2 + T_1)/2 + 2 \times T_{oh})$ で表すことができる。なお、オーバーヘッド時間 T_{oh} については通常は一定なので定数とみなして扱えばよい。

図 1 0 における条件式では、これらの送信効率を比較している。すなわち、図 1 1 に示す条件において図 1 0 の条件式の左辺は次のように変形できる。

$$\begin{aligned} & \sum (|T_{\alpha} - T_1|) / \alpha + (k - 1) \times T_{oh} \\ &= ((T_1 - T_1) / 2) + ((T_2 - T_1) / 2) + T_{oh} \\ &= ((T_2 - T_1) / 2) + T_{oh} \end{aligned}$$

従って、図 1 0 の条件式は次のように変形することができる。

$$\begin{aligned} & ((T_2 - T_1) / 2) + T_{oh} > 0 \\ & T_2 / 2 + T_1 / 2 + 2 \times T_{oh} > T_1 + T_{oh} \end{aligned}$$

この式の左辺及び右辺は、それぞれ図 1 1 に示す下側のモードの送信効率 $((T_2 + T_1) / 2 + 2 \times T_{oh})$ 及び上側のモードの送信効率 $(T_1 + T_{oh})$ を表している。つまり、いずれのモードを選択した方が送信効率がよいかを自動的に選択することができる。

【図面の簡単な説明】

【0113】

【図 1】送信処理を示すフローチャートである。

【図 2】送信パケット選択処理の内容を示すフローチャートである。

【図 3】実施の形態の無線局の構成を示すブロック図である。

【図 4】空間分割多重を行う通信装置の構成例を示すブロック図である。

【図 5】 受信処理を示すフローチャートである。

【図 6】 パケットの構成を示す模式図である。

【図 7】 各無線チャネルの利用例を示すタイムチャートである。

【図 8】 各無線チャネルの利用例を示すタイムチャートである。

【図 9】 従来例の無線局の構成を示すブロック図である。

【図 1 0】 送信パケット選択処理（2）の内容を示すフローチャートである。

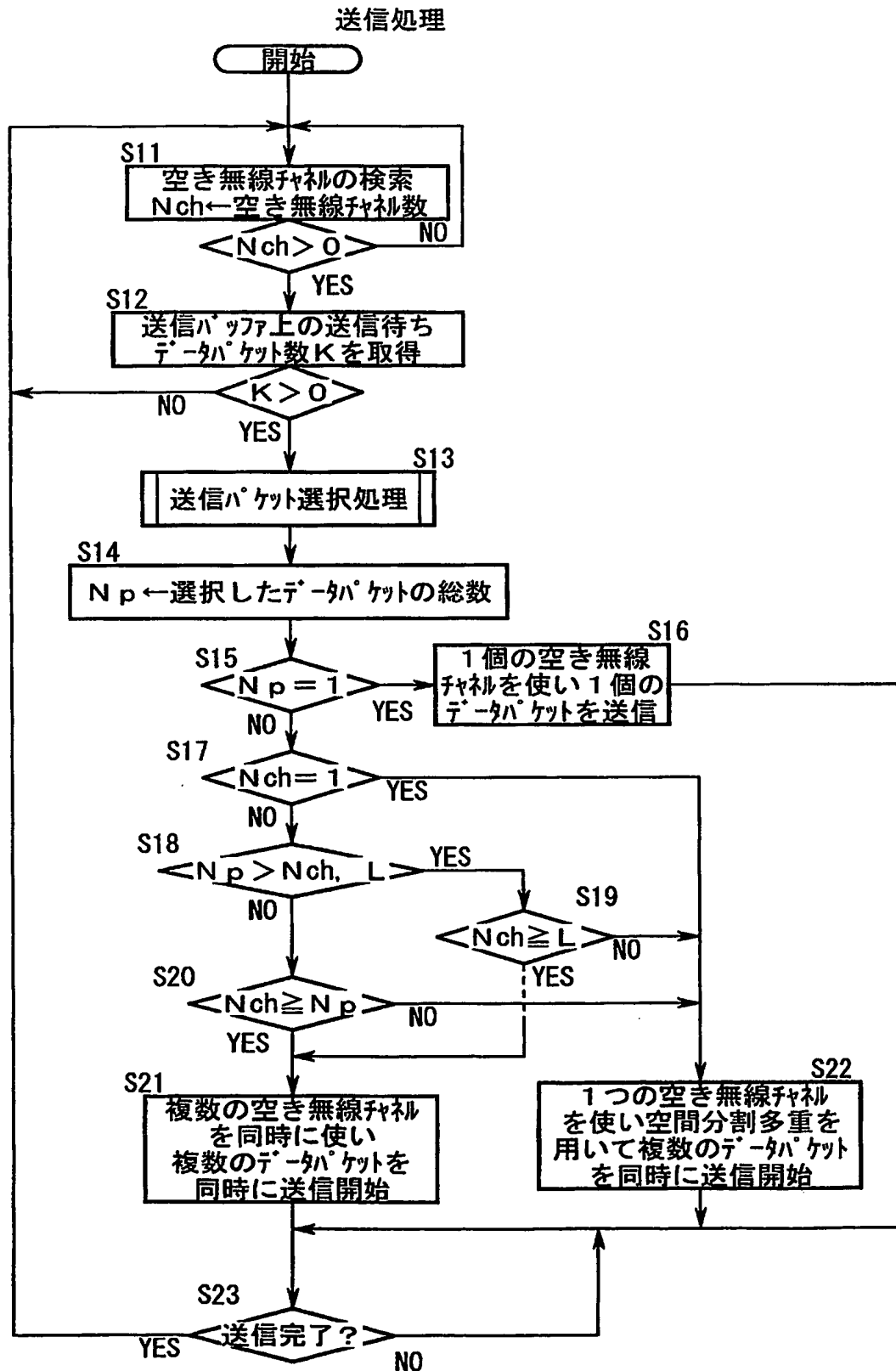
【図 1 1】 各モードの動作例を示すタイムチャートである。

【符号の説明】

【 0 1 1 4 】

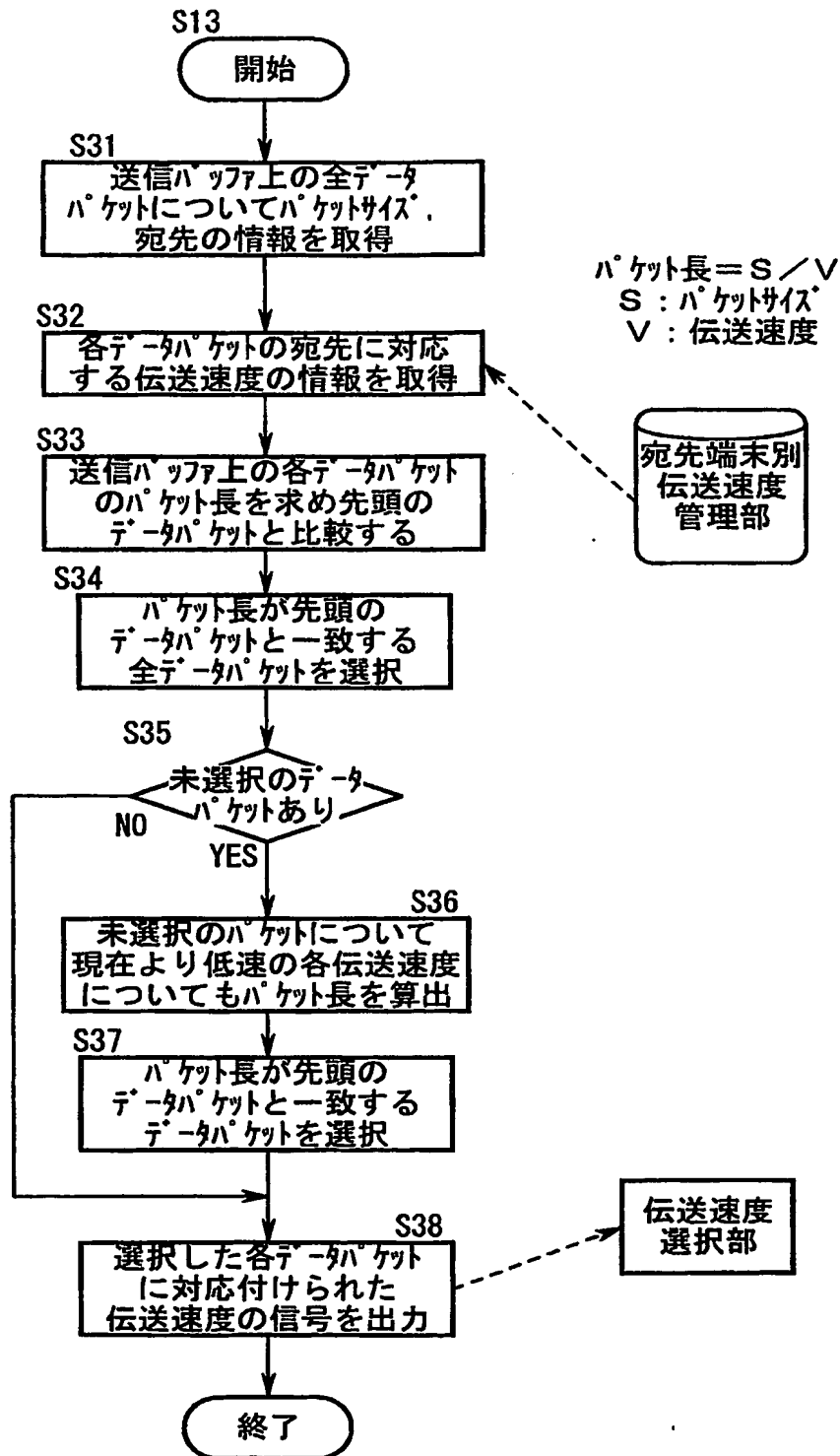
- 1 0 送受信処理部
- 1 1 変調器
- 1 2 無線送信部
- 1 3 アンテナ
- 1 4 無線受信部
- 1 5 復調器
- 1 6 パケット選択部
- 1 7 キャリア検出部
- 1 8 送信状態保持部
- 1 9 A c k パケット生成部
- 2 1 ヘッダ付加部
- 2 2 送信バッファ
- 2 3 送信チャネル選択制御部
- 2 4 パケット振り分け送信制御部
- 2 5 パケット順序管理部
- 2 6 ヘッダ除去部
- 2 7 データパケット管理部
- 3 1 伝送速度選択部
- 3 2 宛先端末別伝送速度管理部
- 5 0 送信局
- 5 1 畳み込み符号化部
- 5 2 マッピング処理部
- 5 3 S D M - C O F D M 用 プリアンブル作成部
- 5 4 I F F T 処理部
- 5 5 無線送信部
- 5 6 アンテナ
- 6 0 受信局
- 6 1 アンテナ
- 6 2 無線受信部
- 6 3 F F T 処理部
- 6 4 伝達係数推定部
- 6 5 混信補償処理部
- 6 6 重み係数推定部
- 6 7 乗算部
- 6 8 デマッピング処理部
- 6 9 ビタビ復号器

【書類名】 図面
【図 1】

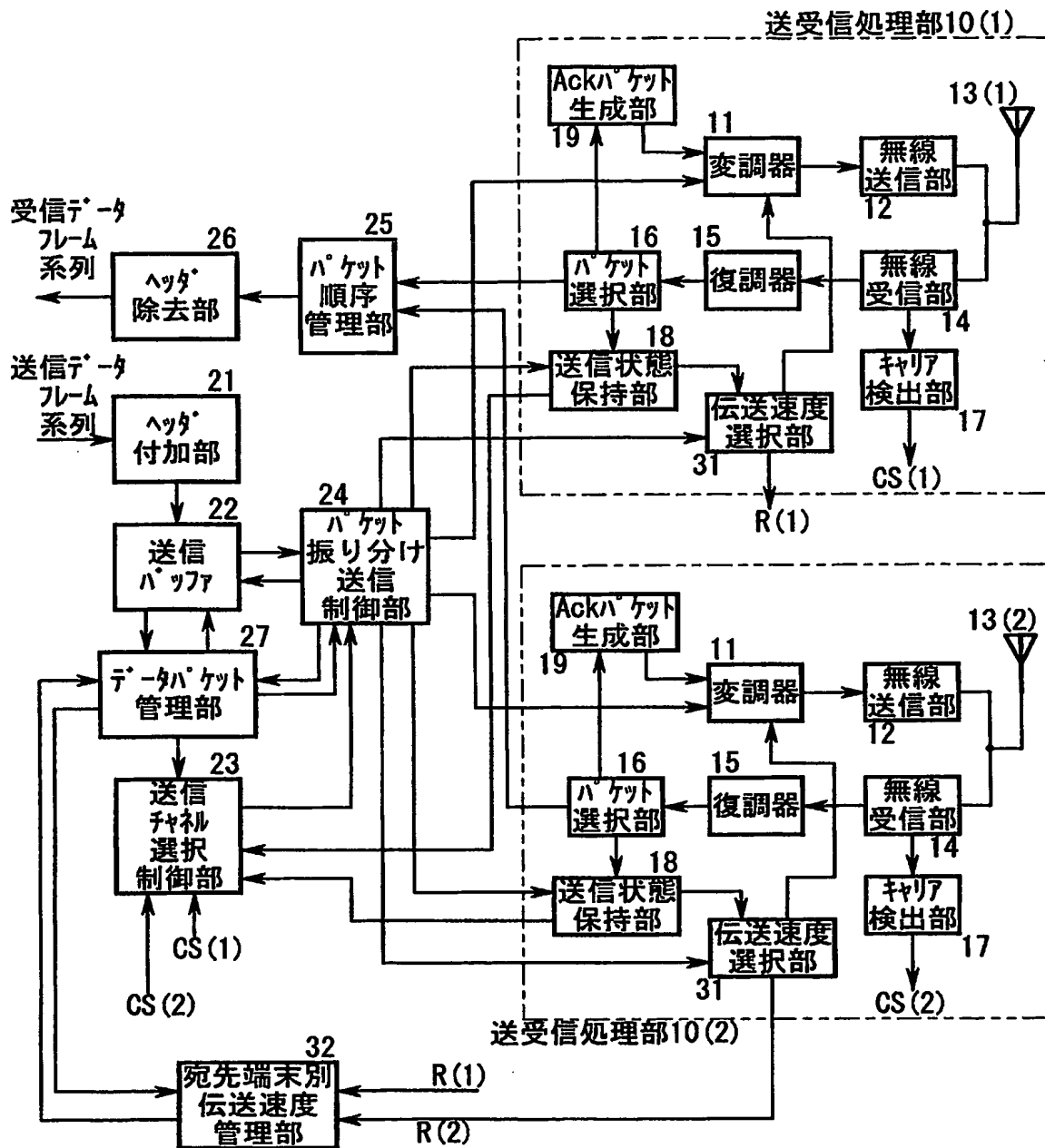


【図 2】

送信パケット選択処理の内容

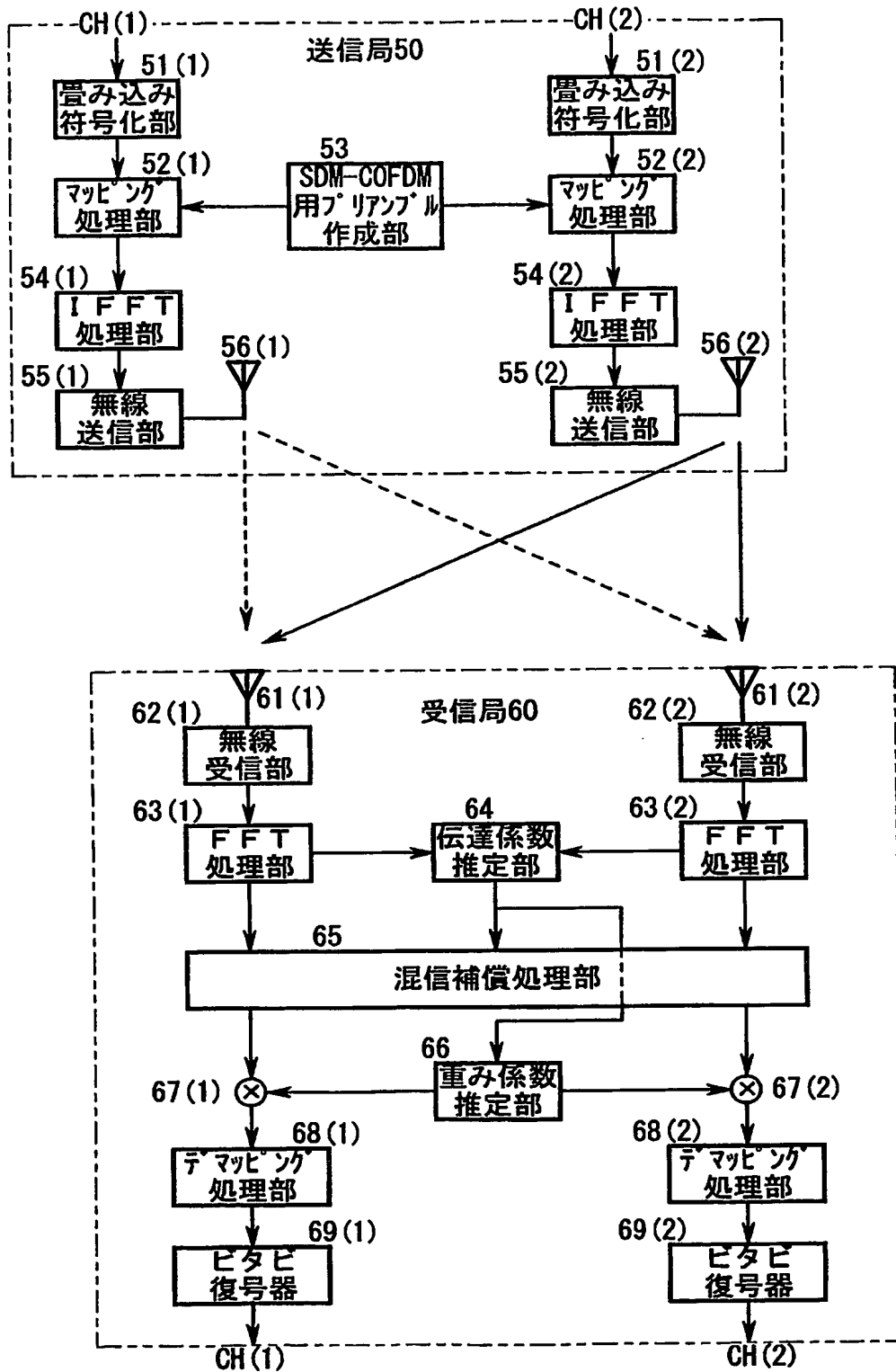


実施の形態の無線局の構成

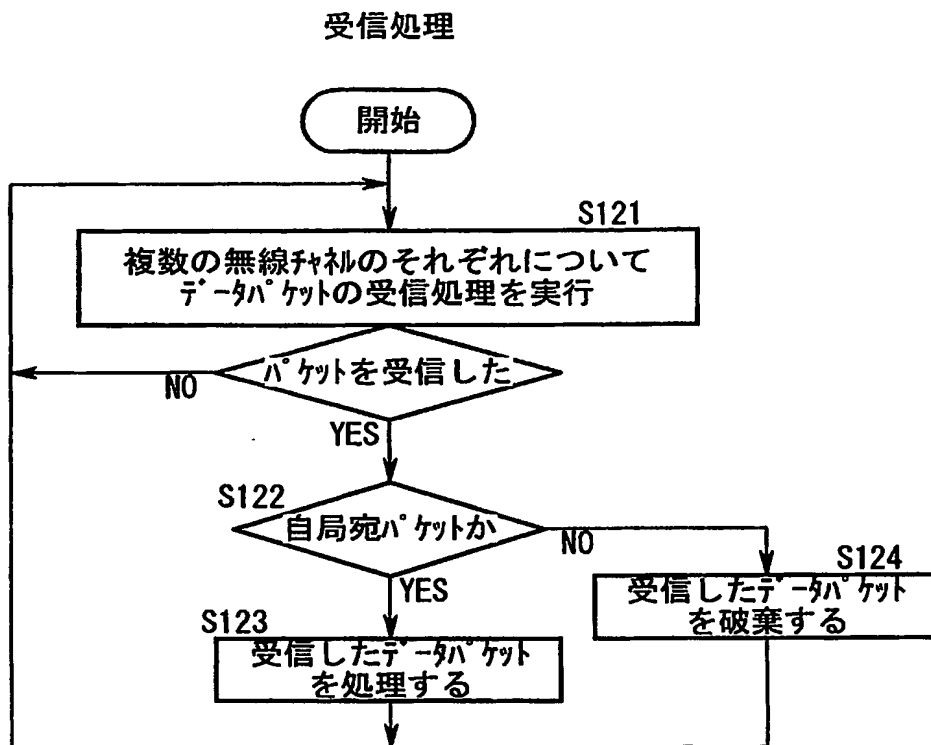


【図 4】

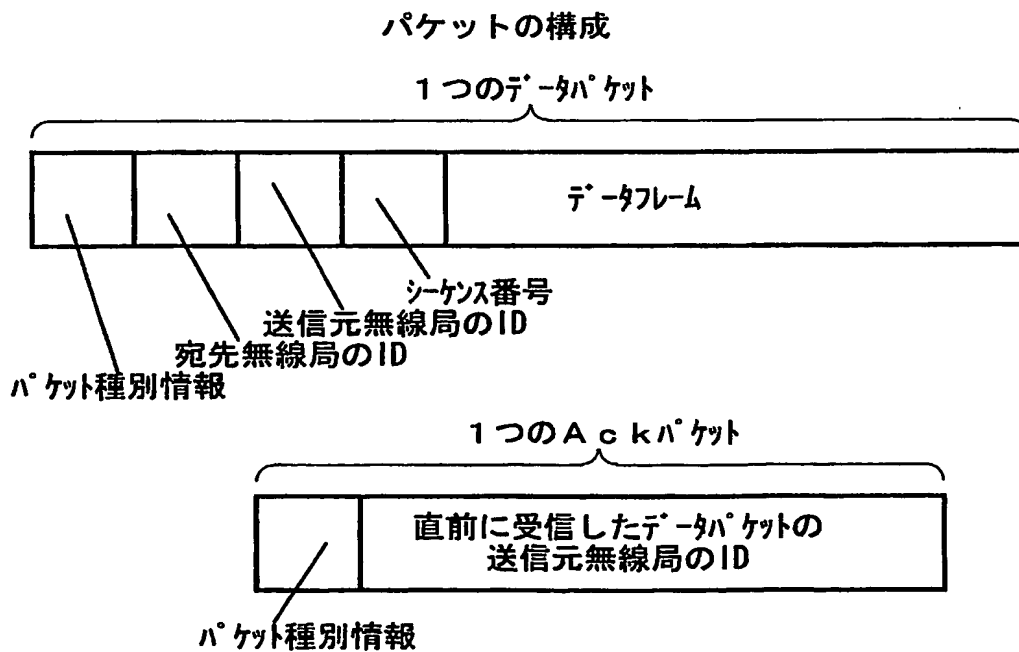
空間分割多重を行う通信装置の構成例



【図 5】

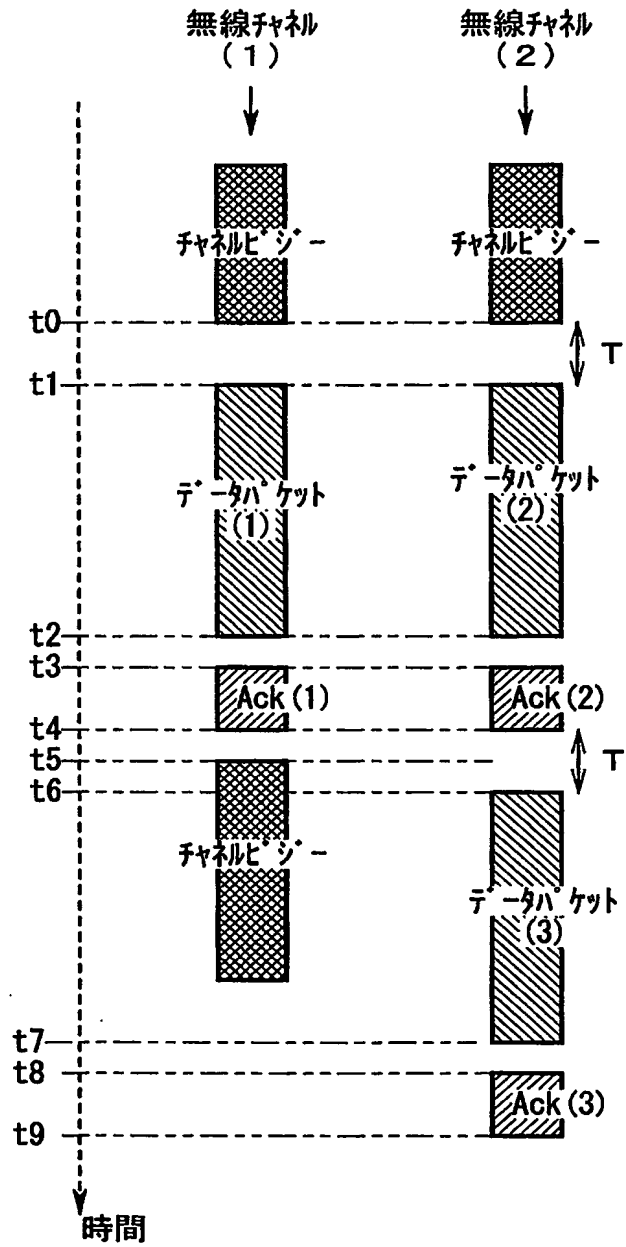


【図 6】



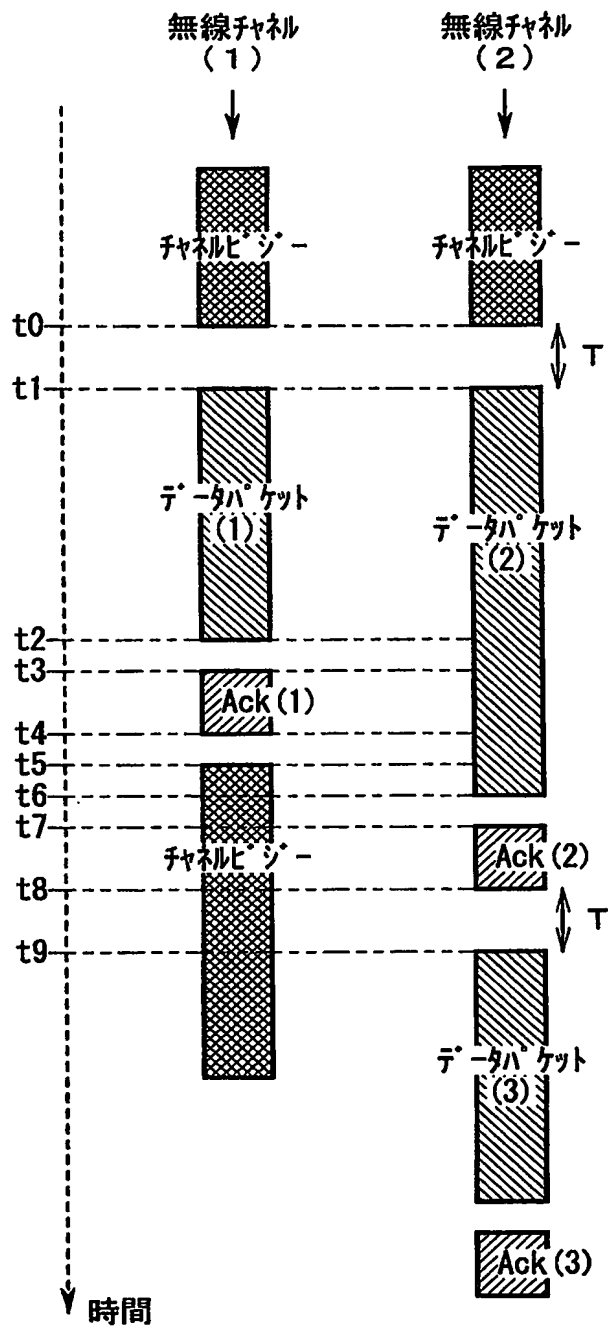
【図 7】

各無線チャネルの利用例



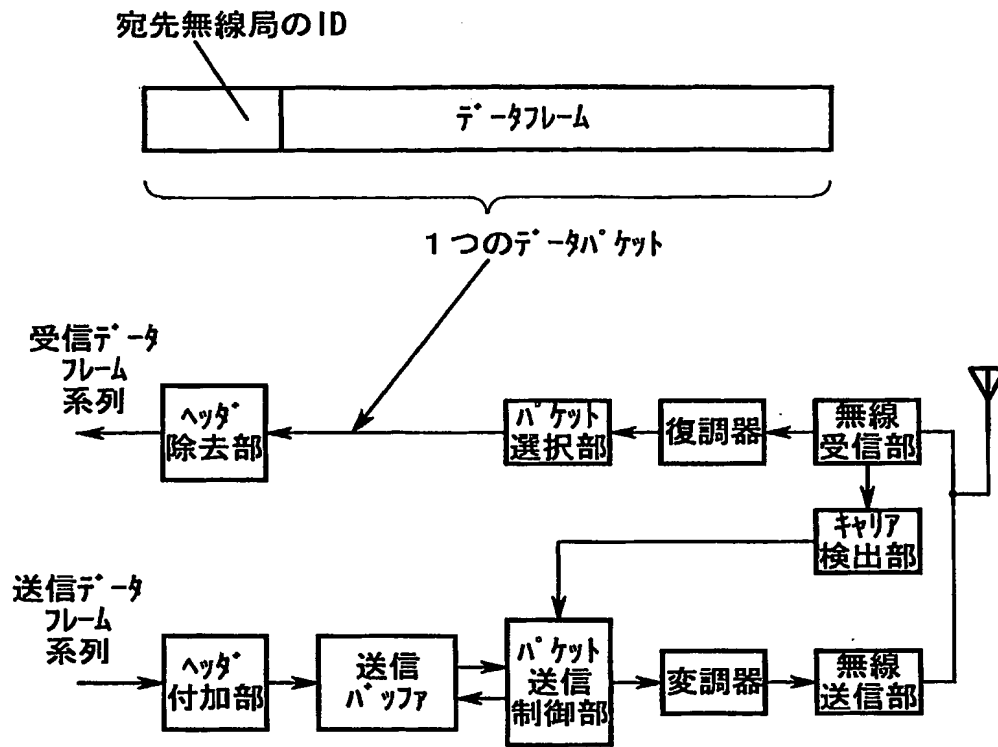
【図 8】

各無線チャネルの利用例



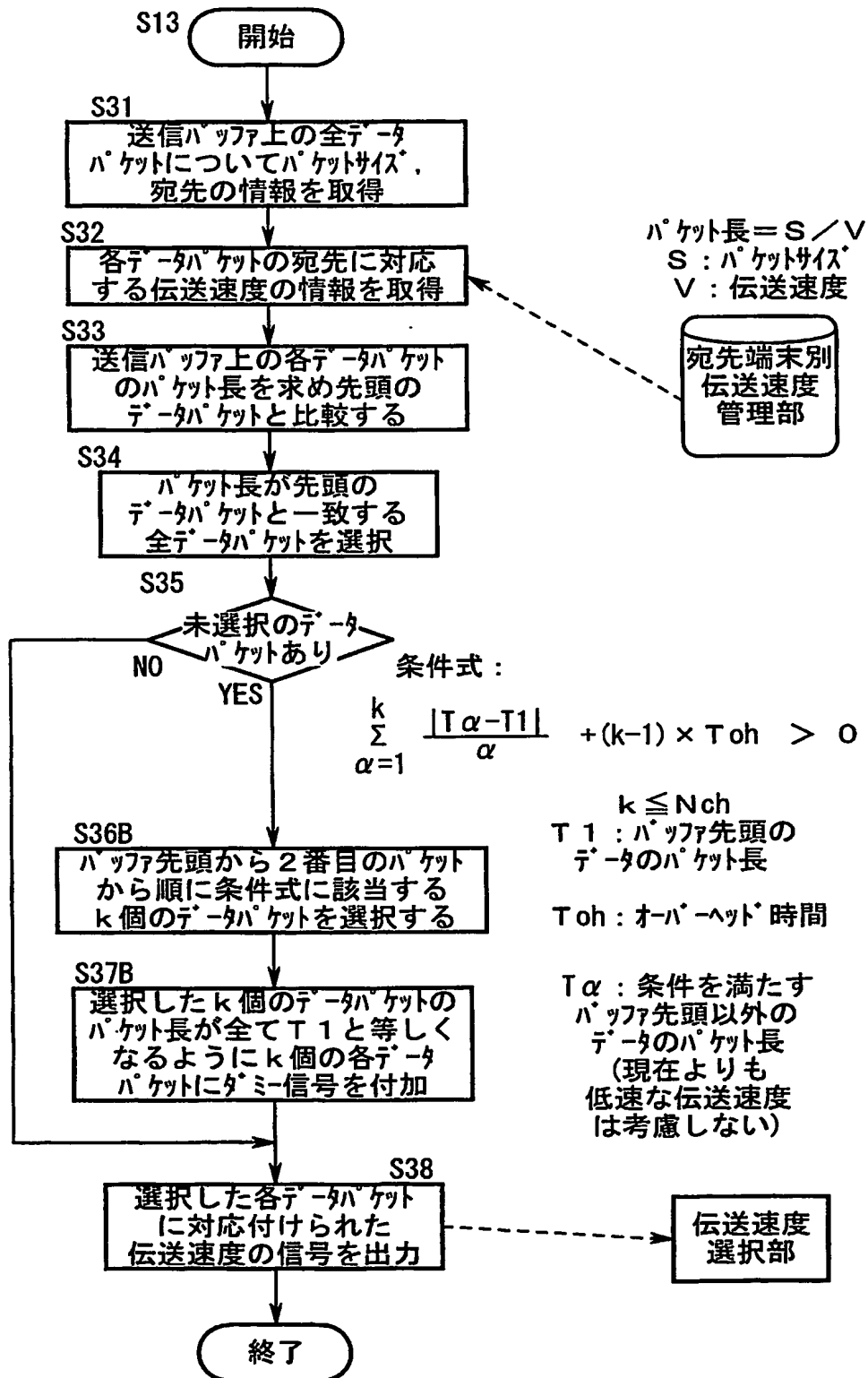
【図 9】

従来例の無線局の構成



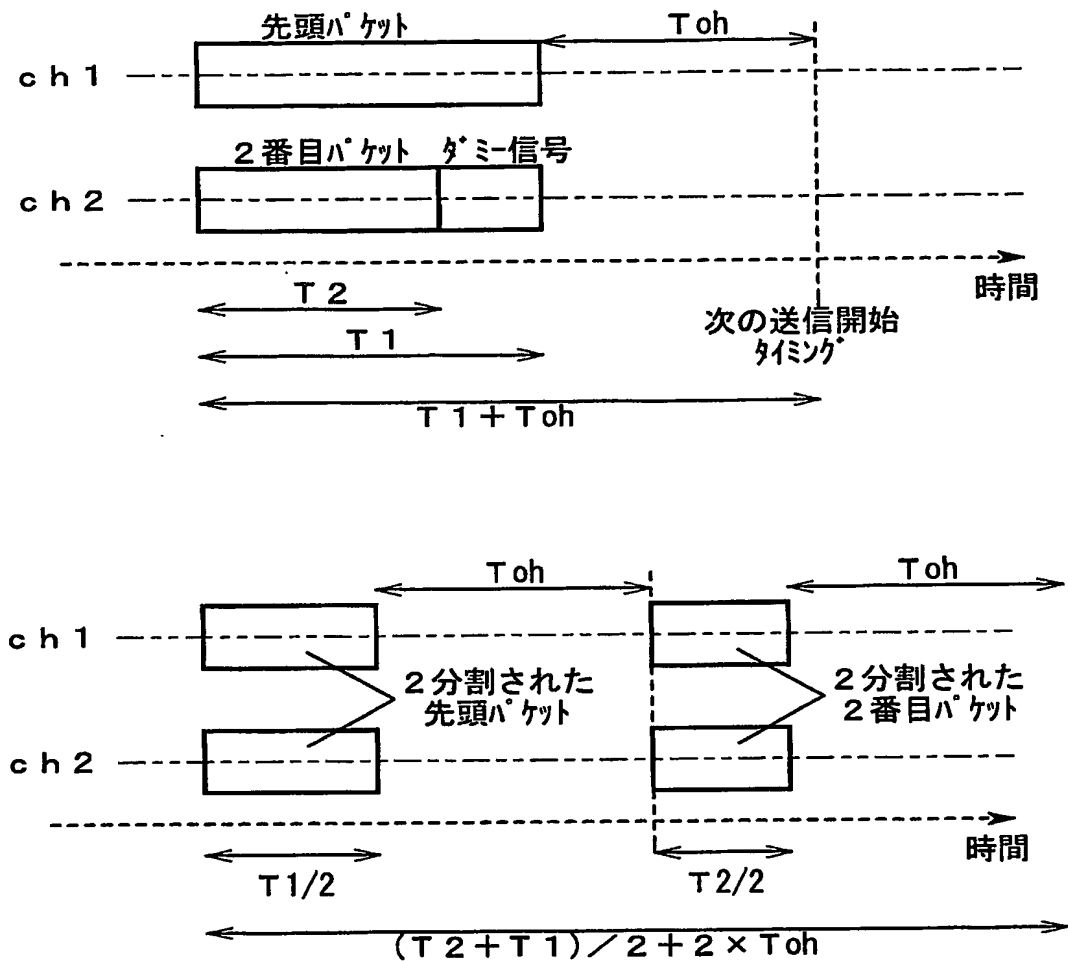
【図 10】

送信パケット選択処理 (2) の内容



【図 11】

各モードの動作例



【書類名】 要約書**【要約】**

【課題】 本発明は複数の無線チャネルあるいは空間分割多重を用いて複数のデータパケットを並列送信可能な場合に無線チャネル間に漏洩電力の影響が現れる場合であっても、Ackの受信に失敗する確率を減らし実効スループットを改善することを目的とする。

【解決手段】 利用可能な複数種類の伝送速度の中で実際の送信に用いる伝送速度を通信相手の無線局毎に個別に管理し、送信バッファ上に送信対象のデータパケットが複数存在する場合には、各データパケットのパケットサイズと宛先に対応付けられた伝送速度とを参照し、パケットサイズ及び伝送速度により定まる伝送所要時間をデータパケット毎に確認し、前記伝送所要時間が互いにほぼ等しい複数のデータパケットを選択し、選択した複数のデータパケットを同時に送信開始する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 3 1 7 0 9 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 2 6]

1. 変更年月日

1 9 9 9 年 7 月 1 5 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号

氏 名

日本電信電話株式会社